



República Federativa do Brasil
Ministério do Desenvolvimento, Indústria
e do Comércio Exterior
Instituto Nacional da Propriedade Industrial

(21) PI 0715568-9 A2



* B R P I 0 7 1 5 5 6 8 A 2 *

(22) Data de Depósito: 18/10/2007

(43) Data da Publicação: 02/07/2013
(RPI 2217)

(51) Int.Cl.:

B65D 85/00

(54) **Título:** MÉTODOS E APARELHO PARA FAZER REVESTIMENTOS USANDO DEPOSIÇÃO DE PULVERIZAÇÃO ULTRASSÔNICA

(30) **Prioridade Unionista:** 19/10/2006 US 60/852,863

(73) **Titular(es):** NANOMECH, LLC

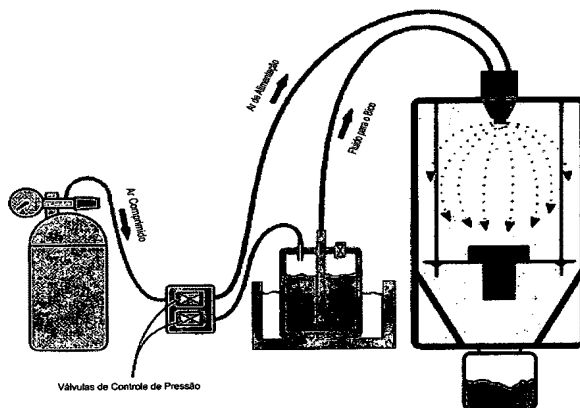
(72) **Inventor(es):** FINK ROBERT T., JIANG WENPING, LOWREY JUSTIN

(74) **Procurador(es):** CRUZEIRO NEWMARC PATENTES E MARCAS LTDA

(86) **Pedido Internacional:** PCT US2007022221 de 18/10/2007

(87) **Publicação Internacional:** WO 2008/051434de 02/05/2008

(57) **Resumo:** MÉTODOS E APARELHO PARA FAZER REVESTIMENTOS USANDO DEPOSIÇÃO DE PULVERIZAÇÃO ULTRASSÔNICA. Deposição de pulverização ultrassônica (USD) usada para depositar uma camada base no substrato, seguido por infiltração de vapor químico (CVI) para introduzir uma fase de aglutinador que cria um revestimento composto com boa aderência do aglutinador às partículas da fase inicial e aderência do revestimento composto ao substrato, é revelada. Nós usamos este processo para criar revestimentos que consistem de nitreto de boro cúbico (cBN), depositado usando USD, e nitreto de titânio (TiN) aplicado usando CVI em várias configurações. Este processo pode ser usado com muitos materiais não usáveis com outros processos, incluindo nitretos, carbonetos, carbonitreto, boreto, óxidos, sulfetos e silicetos. Adicionalmente, outros processos de tratamento de aglutinação ou pós-deposição podem ser aplicados como alternativas ao CVI, dependendo do substrato, dos materiais de revestimento, e dos requisitos de aplicação do revestimento. Revestimentos podem ser aplicados a uma variedade de substratos incluindo aqueles com geometrias complexas. A aplicação também descreve projetos de aparelhos ou equipamentos usados para executar deposição de pulverização ultrassônica.



**"MÉTODOS E APARELHO PARA FAZER REVESTIMENTOS
USANDO DEPOSIÇÃO DE PULVERIZAÇÃO ULTRASSÔNICA"**

Este pedido reivindica prioridade do pedido de patente provisório Norte-Americano número de série 60/852.863, intitulado "Methods and Apparatus for Making Coatings Using Ultrasonic Spray Deposition," e depositado em 19 de outubro de 2006.

HISTÓRICO DA INVENÇÃO

A presente invenção se refere a métodos e aparelho para fazer revestimentos e artigos de várias composições de material envolvendo o uso de pulverização ultrassônica como o método principal de deposição de revestimento. Deposição de pulverização ultrassônica produz revestimentos que têm maior densidade, são mais uniformes, e mais finos que revestimentos produzidos usando outros métodos. Estes revestimentos podem ser usados para uma variedade de aplicações, incluindo, por exemplo, revestimentos para ferramentas de corte onde dureza e resistência a desgaste são importantes e revestimentos finos são necessários, revestimentos para implantes biomédicos, e outras aplicações onde revestimentos finos e uniformes são necessários.

SUMÁRIO DA INVENÇÃO

Em uma configuração da presente invenção, deposição de pulverização ultrassônica (USD) é usada para depositar uma camada base no substrato, seguido por infiltração de vapor químico (CVI) para introduzir uma fase de aglutinador que cria um revestimento composto com boa aderência do aglutinador às partículas da fase inicial e aderência do revestimento composto ao substrato. A patente Norte-Americana número 6.607.782 emitida em

19 de agosto de 2003, de Ajay P. Malshe, et al., revelou um método que usada revestimento de pulverização eletrostática (ESC) para depositar a camada base inicial, seguido por CVI como a segunda etapa. A presente invenção, que usa USD seguido por CVI como uma
5 configuração, provê vantagens importantes em relação ao método previamente revelado, incluindo:

- Capacidade para produzir revestimentos mais densos - quando as partículas são dispersas em um líquido e pulverizadas usando USD, com evaporação subsequente do líquido,
10 nós descobrimos que uma densidade muito maior das partículas pode ser depositada no substrato se comparado com ESC de pó seco;

- Maior uniformidade e aspereza superficial reduzida dos revestimentos - devido as nanopartículas dispersas em um líquido adequadamente escolhido terem uma tendência muito
15 reduzida para aglomerar, e devido ao fato do processo USD criar gotas muito pequenas de dispersão líquida que evaporam rapidamente durante e após a deposição, nós descobrimos que o revestimento resultante exhibe aglomeração muito menor, e assim a lisura e a uniformidade superficial do revestimento são grandemente
20 aumentadas;

- Capacidade para depositar revestimentos uniformes mais finos - com ESC de pó seco, a espessura mínima do revestimento tende a estar na faixa de 10 micra, enquanto USD pode produzir revestimentos uniformes que são tão finos quanto um
25 micron; e

- Capacidade para revestir substratos que não sejam condutivos (ESC requer que a superfície do substrato tenha certo nível de condutividade elétrica - USD não)

Nós usamos este processo para criar revestimentos consistindo de nitreto de boro cúbico (cBN), depositados usando USD, e nitreto de titânio (TiN) aplicado usando CVI em várias configurações. Este processo pode ser usado com muitos materiais não usáveis com outros processos, incluindo nitretos, carbonetos, carbonitretos, boretos, óxidos, sulfetos, e silicetos.

Adicionalmente, outros processos de tratamento de ligação e pós-deposição podem ser aplicados como alternativas ao CVI, dependendo do substrato, dos materiais de revestimento, e dos requisitos de aplicação do revestimento, em várias configurações. Esta invenção está direcionada, em várias configurações, a múltiplos métodos para criação de revestimentos, compreendidos de um material único ou de múltiplos materiais em combinação, usando USD como o processo para deposição inicial de um revestimento base ou verde. Revestimentos que podem ser aplicados a uma variedade de substratos, incluindo aqueles com geometrias complexas. A aplicação também descreve projetos de aparelho ou equipamento usados para executar deposição de pulverização ultrassônica.

BREVE DESCRIÇÃO DOS DESENHOS

A Figura 1 ilustra o processo de revestimento de duas etapas de acordo com uma configuração preferida da presente invenção, incluindo uma deposição inicial de uma camada de revestimento base ou verde, seguido por uma etapa de tratamento de pós-deposição.

A Figura 2 mostra o caso no qual um tratamento de pré-deposição é aplicado aos materiais de revestimento antes da deposição.

A Figura 3 ilustra um processo de deposição de

pulverização ultrassônica.

A Figura 4 mostra deposição de pulverização ultrassônica em combinação com carga eletrostática.

5 A Figura 5 ilustra um tanque ultrassônico, usado na alimentação de materiais de revestimento dispersos em um líquido, para o sistema de deposição ultrassônico.

A Figura 6 mostra a câmara de deposição usada para conter os materiais que são depositados, impedir a liberação inaceitável no meio ambiente, permitir ajuste do bico de 10 pulverização de acordo com a distância do substrato, e capturar e reciclar materiais de revestimento.

A Figura 7 ilustra um tablado giratório usado para garantir deposição uniforme do revestimento no substrato.

A Figura 8 mostra o sistema integrado de 15 deposição de pulverização ultrassônica, que inclui o sistema de aplicação de pressão ultrassônica, e o sistema de deposição que inclui a câmara.

DESCRIÇÃO DETALHADA DAS CONFIGURAÇÕES PREFERIDAS

São revelados aqui métodos e aparelho para 20 produzir um revestimento em um substrato, iniciando com deposição de pulverização ultrassônica para depositar uma camada de revestimento base.

PROCESSOS DE REVESTIMENTO DE DUAS ETAPAS - VISÃO

GERAL

25 A Figura 1 ilustra um processo de duas etapas para produzir um revestimento em um substrato. O substrato 170 é colocado em um sistema de deposição 200. Um ou mais materiais de revestimento 150 são introduzidos no sistema de deposição 200.

Estes materiais de revestimento podem estar na forma de um pó seco ou de suspensão de líquido, e podem conter partículas de tamanho nano ou micro ou uma combinação dos dois. Múltiplos materiais podem ser combinados ou introduzidos separadamente no sistema de deposição 200. Uma variedade de materiais pode ser usada, incluindo nitretos, carbonetos, carbonitretos, boretos, óxidos, sulfetos e silicetos.

O sistema de deposição 200 pode usar qualquer um dos vários métodos para produzir um revestimento inicial ou camada base no substrato. Um destes métodos é deposição de pulverização ultrassônica (USD), descrito adicionalmente abaixo.

Após a etapa de deposição inicial, partículas sólidas secas do material(is) de revestimento(s) estão em contato com o substrato. O substrato com deposição 270 é o resultado da etapa de deposição 200 conforme ilustrado na Figura 1.

O substrato 270 com deposição de uma camada base, então, passa por uma etapa de tratamento de pós-deposição 300. O tratamento de pós-deposição é usado para unir as partículas secas depositadas entre si e ao substrato. Métodos de tratamento adequados incluem:

- Infiltração de vapor químico (CVI), que é similar à deposição de vapor químico (CVD), porém usando uma taxa de reação mais lenta, de modo que o aglutinador infiltra na deposição porosa de pó seco, entrando em contato com o substrato e com as partículas secas,

- Sinterização, usando qualquer um dos vários métodos de sinterização alternativos, sozinhos ou em combinação, incluindo:

- o Sinterização de microondas
- o Sinterização a laser
- o Sinterização de infravermelho

Cada um destes métodos aplica a um ou mais
5 disparos curtos de alta energia (microonda, laser, infravermelho,
ou alta temperatura e alta pressão) para sinterizar as partículas
da deposição de revestimento inicial, unindo as mesmas entre si e
ao substrato. Estes métodos podem permitir a união do revestimento
verde ao substrato com menos exposição do substrato a altas
10 temperaturas durante longos períodos de tempo.

Um outro método de união é o uso de alta
temperatura - alta pressão (HT-HP), um processo que é atualmente
usado para uma variedade de objetivos, incluindo fabricação de
compactos sólidos de nitreto de boro cúbico policristalino (PCBN).
15 Nesta invenção, HT-HP é usado como uma etapa de união de pós-
deposição para unir as partículas depositadas entre si e ao
substrato.

Em algumas configurações, uma etapa de tratamento
adicional (não mostrada nas Figuras) é aplicada após a etapa de
20 tratamento de pós-deposição 300, para adicionar uma fase adicional
ao revestimento. Um exemplo disto é o uso de revestimento de
pulverização eletrostática ou deposição de pulverização
ultrassônica como uma etapa final, após deposição e sinterização
de um revestimento base, com o objetivo de aplicar agentes
25 biológicos ativos ao revestimento base. Como um exemplo mais
específico, um implante dentário ou outro dispositivo biomédico,
possivelmente com uma camada superficial porosa, pode ser
revestido usando ESC ou USD seguido por sinterização de microondas

do revestimento base. Então, em uma etapa de deposição de pós-sinterização adicional, um agente ativo pode ser aplicado, tal como um agente biocida ou antibacteriano, outros agentes ativos tais como proteínas ósseo-morfogênicas, ou partículas carregando medicamentos, para administração de medicamento na superfície do dispositivo após implante. Estes são apenas exemplos de como uma etapa de pós-processamento pode ser usada para aplicar componentes adicionais a um revestimento base para objetivos específicos.

Outras etapas adicionais de tratamento (não mostradas nas figuras) que podem ser aplicadas após tratamento de pós-deposição 300, podem ser usadas para aumentar a união do revestimento e para reduzir ou eliminar defeitos e não uniformidades no revestimento. Por exemplo, tratamentos adequados para revestimentos duros tais como aqueles usados para ferramentas de corte incluem alta temperatura - alta pressão (HT-HP) e sinterização por infravermelho (radiação infravermelha pulsada). Outros métodos usando fontes de energia transientes podem também ser usados para aumentar as características do revestimento final no substrato.

Conforme mostrado na Figura 2, algumas configurações da invenção incluem uma etapa de tratamento pré-deposição opcional 100. Materiais de revestimento não tratados são tratados antes de serem enviados como materiais de revestimento tratados 150 para o sistema de deposição 200. Por exemplo, partículas de material de revestimento podem ser pré-tratadas com o objetivo de funcionalização (prover funcionalidade específica desejada para uma aplicação específica), ou sobre-revestimento de partículas para qualquer um dentre uma série de

objetivos (por exemplo, proteção das partículas contra altas temperaturas envolvidas no processo de revestimento).

MÉTODOS E APARELHO PARA DEPOSIÇÃO DE REVESTIMENTO

A Figura 3 ilustra um método de deposição 200 que
5 usa atomização ultrassônica e pulverização de uma dispersão
líquida para depositar materiais em um substrato. Materiais de
revestimento 150, que opcionalmente podem ter sido pré-tratados
conforme discutido acima, são introduzidos a um sistema de
aplicação de pressão 220. Um dispersante 215 também é introduzido
10 ao sistema de aplicação de pressão, no qual os materiais de
revestimento são dispersos no dispersante líquido. O sistema de
aplicação de pressão 220 mantém os materiais em dispersão e
pressuriza a dispersão, alimentando a dispersão para um atomizador
ultrassônico 235.

15 O líquido usado para criar a dispersão pode ser
escolhido entre uma série de candidatos adequados, incluindo
metanol, etanol, e similares. Para pulverização ultrassônica de
nitreto de boro cúbico (cBN), nós temos usado etanol (C_2H_5OH) como
o líquido. Etanol tem moléculas hidrofílicas ou moléculas polares,
20 que ajudam a anexar partículas de cBN com características
higroscópicas e manter as partículas suspensas no líquido. Outros
dispersantes que são de característica polar podem também ser
aplicados, ou aplicados em combinação com surfactantes para
dispersão uniforme adicional.

25 Um gerador de sinal ultrassônico 240 é conectado
a um elemento piezelétrico dentro do atomizador 235. O elemento
piezelétrico converte o sinal ultrassônico em ação mecânica que
atomiza a dispersão líquida em gotas, que são alimentadas a um

bico 245. Pelo ajuste da frequência do sinal ultrassônico, o tamanho das gotas resultantes pode ser ajustado. Frequência mais elevadas produzem gotas menores. Por exemplo, em uma configuração, a frequência de 125 KHz é usada, a qual produz gotas que têm um
5 tamanho médio de aproximadamente 20 micra.

O bico direciona as gotas para o substrato ou parte a ser revestida, 170. O líquido nas gotas evapora, tanto durante o deslocamento na direção do substrato quanto após deposição no substrato, ou em uma combinação dos dois. O resultado
10 é uma deposição de pó seco do(s) material(is) de revestimento no substrato. Como uma opção, um fluxo de gás (usando ar, nitrogênio, ou outro gás adequado) pode ser introduzido ao redor da saída do bico para direcionar adicionalmente a pulverização de gota na
: direção da superfície. Isto pode melhorar a velocidade de
: deposição, assim como aumentar a eficiência de deposição de
15 material (fração de material que é depositada no substrato). O gás pode ser aquecido para acelerar a evaporação do líquido.

Deposição de pulverização ultrassônica (USD) oferece várias vantagens em relação ao revestimento de
20 pulverização eletrostática (ESC) que tornam a USD mais adequada para algumas aplicações. Comparado com ESC, USD pode ser usada para criar revestimentos mais finos. Também, devido ao material de revestimento ser disperso em um líquido que tende a desaglomerar o material, e devido ao próprio processo de atomização ultrassônica
25 apresentar a tendência para desmanchar aglomerados, a deposição resultante é mais uniforme e tem uma superfície mais lisa. Nós também descobrimos que é possível criar revestimentos com densidade maior com USD, isto é, a fração volumétrica de material

de revestimento no pré-formado de revestimento pode ser maior com USD do que com ESC.

A Figura 4 ilustra ainda um outro método de deposição 200 que combina deposição de pulverização ultrassônica com carga eletrostática. Novamente, materiais de revestimento 150 (não tratados ou pré-tratados) e um dispersante líquido 215 são introduzidos a um sistema de aplicação de pressão 220. A combinação do atomizador ultrassônico 235, gerador de sinal ultrassônico 240, e bico 245, cria uma pulverização com gotas de tamanho controlado que são direcionadas para o substrato 170. Conforme discutido anteriormente, um fluxo de gás também pode ser introduzido para direcionar adicionalmente a pulverização de gotas e aumentar a velocidade e eficiência de deposição.

Nesta configuração, as gotas são providas com uma carga eletrostática pelo posicionamento de um ou mais eletrodos de condução 265 próximos da saída do bico de pulverização ultrassônico 245. Pela aplicação de uma voltagem elevada ao(s) eletrodo(s), usando um gerador de alta voltagem ajustável 260, e aterramento do substrato 170 (o substrato deve ter uma superfície com certa condutividade), as gotas que saem do bico ultrassônico são carregadas e seguem as linhas do campo elétrico para o substrato. Uma variedade de formatos e configurações pode ser usada para o eletrodo, incluindo um colar circular ou elíptico, assim como um ou mais eletrodos de ponto arranjados próximos da saída do bico.

Pelo ajuste do posicionamento do bico 245, do eletrodo 265 e do substrato 170 e ajustando a voltagem, a distância entre o substrato e o eletrodo, a frequência

ultrassônica (influenciando o tamanho da gota) e a pressão de pulverização do sistema de aplicação de pressão 220, o equilíbrio entre a influência eletrostática e a pulverização ultrassônica das gotas pode ser alterado para prover as características necessárias para uma aplicação de revestimento dada. O ajuste do nível de voltagem e da distância entre o bico de pulverização e o substrato pode modificar o tempo de trânsito para gotas entre o bico e o substrato. Como uma opção, o gás transportador pode ser aquecido, afetando a taxa na qual as gotas evaporam durante o trânsito. Estes vários ajustes podem ser usados para otimizar o processo, de modo que o equilíbrio desejado seja atingido entre deposição seca (as gotas evaporaram antes de atingir o substrato) e deposição úmida (as gotas ainda estão líquidas quando elas são depositadas na superfície), permitindo que deposição totalmente seca, totalmente úmida, ou híbrida úmida/seca seja usada dependendo do que for melhor para a aplicação.

Esta abordagem combina os aspectos positivos de ambas, a deposição de pulverização ultrassônica (USD) e a carga eletrostática, que provê várias vantagens:

- A adição de forças eletrostáticas ao processo de USD pode ajudar a revestir superfícies tridimensionais, dependendo menos da linha de visão entre o bico e a superfície do substrato;
- A adição de forças eletrostáticas melhora a taxa de deposição se comparada com USD sozinha.
- Forças eletrostáticas também aumentam a eficiência de transferência (fração de material pulverizado que é depositada no substrato), o que aumenta a produtividade de

deposição e reduz os efeitos ambientais potenciais de material não depositado;

- Forças eletrostáticas melhoram a cobertura de bordas afiadas, devido às linhas do campo elétrico apresentarem a
5 tendência de convergir nas bordas, causando uma constituição maior de gotas/partículas nas bordas; e

- Comparado com revestimento de pulverização eletrostática (ESC) sozinha (vide Patente Norte-Americana Número 6.544.599, incorporada aqui por referência), a combinação de USD e
10 carga eletrostática provê várias das vantagens observadas acima para pulverização ultrassônica, isto é, a capacidade para criar revestimentos mais finos, mais densos e mais uniformes.

Uma parte principal do sistema de aplicação de
pressão para deposição de pulverização ultrassônica é um tanque
15 ultrassônico, que mantém uma suspensão de partículas dentro de um dispersante para aplicação no sistema de pulverização ultrassônica. A Figura 5 ilustra o tanque ultrassônico. Um recipiente de pressão (3) armazena a suspensão de partícula (4). Uma abertura com vedação de pressão adequada (não mostrada na
20 figura) é usada para encher inicialmente o recipiente manualmente. O recipiente também pode ser cheio automaticamente por meio da provisão de linhas/entradas de alimentação apropriadas para dispersante líquido e partículas em pó, juntamente com medição adequada e controles automáticos.

25 O recipiente é pressurizado usando ar comprimido, nitrogênio, ou outro gás adequado sob pressão, que entra no recipiente na entrada de ar comprimido (5). Para algumas aplicações, a manutenção do controle do nível de umidade ou ponto

de orvalho do gás pode ser requerida. Como uma opção, o gás pode ser pré-aquecido para acelerar a remoção do dispersante no curso da deposição. Uma válvula de alívio de pressão (7) é provida como uma medida de segurança para impedir que o recipiente ou outras
5 partes do conjunto pressurizado sejam pressurizados em excesso e potencialmente vazem ou rompam.

A suspensão de partícula sai do recipiente de pressão através do tubo de captação de fluido (6). A distância entre a parte inferior do tubo de captação de fluido e a parte
10 inferior do recipiente de pressão pode ser ajustada para garantir que o fluido seja retirado de um local dentro do recipiente de pressão que tenha densidade de partícula consistente e boa suspensão. A indicação do nível de líquido (não mostrado na
figura) é provida externamente ao recipiente de pressão.

15 Como uma opção, o tanque ultrassônico pode empregar qualquer um dentre uma variedade de meios para manter uma dispersão uniforme das partículas. Por exemplo, em uma configuração mostrada na figura, um banho de água ultrassônico comercial (1) é usado para envolver o recipiente de pressão com
20 água sonicada (2), o que provê vibrações ultrassônicas no recipiente de pressão e na suspensão dentro do mesmo. Outros exemplos incluem o uso de vibradores mecânicos anexados a um banho ou ao recipiente de pressão, uma haste vibradora ou dispositivo similar ultrassônico imerso na suspensão dentro do recipiente,
25 agitadores mecânicos, e outros meios de vibração ou sonicação.

A Figura 6 ilustra uma câmara de deposição que pode ser usada para revestimento de pulverização eletrostática (ESC), deposição de pulverização ultrassônica (USD), ou USD mais

carga eletrostática. Um conjunto de bico de pulverização (1) é montado de modo que ele pulveriza material de revestimento (pó seco ou suspensão líquida contendo partículas) na câmara de revestimento (2). O conjunto de bico de pulverização pode empregar
5 meios de deposição eletrostática, ultrassônica, ou ultrassônica mais eletrostática. O(s) substrato(s) ou parte(s) a serem revestidos são colocados em um tablado (4) que é suspenso na câmara usando um conjunto de suspensão do tablado (3). A orientação do tablado pode ser fixada ou, como uma opção, um
10 estágio giratório pode ser usado conforme descrito adicionalmente aqui. A distância entre o tablado e o bico de pulverização pode ser ajustada.

A câmara é vedada de modo a impedir a saída de material de revestimento ou a entrada de contaminantes. Material
15 que não é depositado no substrato(s) é coletado em um coletor de reciclagem de pó (5) de modo que o material possa ser reciclado. Em uma configuração preferida, o material não usado sai da câmara vedada por meio de um banho líquido ou por outros meios de filtragem, de modo que o material é capturado para reuso e é
20 impedido de ser liberado no meio ambiente.

Em uma configuração preferida, o ajuste provido no conjunto de suspensão do tablado (3) está localizado externamente à câmara pela extensão do conjunto através da parte superior da câmara através das aberturas que são vedadas usando
25 vedações tipo "O-ring" ou de outros meios de vedação. Com este projeto, ajustes na distância entre o tablado e o bico podem ser feitos sem abrir a câmara.

A Figura 7 ilustra o tablado giratório que é

usado como uma opção para aumentar a uniformidade de deposição através da superfície do substrato. O tablado giratório pode ser usado com pulverização eletrostática, pulverização ultrassônica, pulverização ultrassônica com carga eletrostática, e outros métodos de deposição. Um motor elétrico (1) aciona o aparelho através de uma engrenagem de redução (2), fazendo que o eixo central (6) gire. Uma placa planetária (7) está anexada ao eixo central (6) e gira com o eixo. Uma série de engrenagens planetárias (5) são montadas na placa planetária (7) usando eixos planetários (8). As engrenagens planetárias engatam com uma engrenagem de anel interna (4) que é montada à base de montagem fixa (3). Em uma configuração mostrada na figura, seis engrenagens planetárias são usadas.

Conforme a placa planetária gira, as engrenagens planetárias se movem ao redor do eixo central do conjunto e, devido a sua interação com a engrenagem de anel interna, as engrenagens planetárias também giram em seus próprios eixos. Substratos são montados em tablados de engrenagem planetária individuais. A ação de rotação dupla aumenta a uniformidade da deposição no substrato garantindo que todos os pontos na superfície do substrato sejam expostos igualmente para a pulverização de material.

As engrenagens planetárias e de anel podem se engatar usando dentes de engrenagem convencionais, ou as engrenagens planetárias podem ser feitas como cilindros que são pressionados para fora (por exemplo, por molas) de modo que a borda externa de cada cilindro contata a superfície da engrenagem de anel interna e a fricção faz que as engrenagens planetárias

girem.

Para qualquer tipo de deposição eletrostática, as engrenagens planetárias devem ser aterradas de modo a aterrar o substrato que é montado nas mesmas. Isto requer que seja provido
5 um meio para conectar eletricamente as engrenagens planetárias a um membro aterrado. Em uma configuração na qual as engrenagens planetárias são cilindros, as molas que pressionam contra os eixos de engrenagem planetária e retêm as engrenagens planetárias contra a engrenagem de anel interna também agem como escovas para fazer
10 uma conexão elétrica entre as engrenagens planetárias e o restante do conjunto de tablado giratório aterrado.

A velocidade do motor elétrico pode ser ajustada para garantir que o substrato a ser revestido seja exposto a todas as partes do padrão de pulverização de deposição igualmente, de
15 modo a atingir a uniformidade desejada de revestimento. A velocidade pode ser ajustada pela mudança da entrada de energia (voltagem) para o motor DC. Na configuração específica mostrada na figura, a proporção da velocidade rotacional das engrenagens planetárias em relação àquela da placa planetária geral, é fixada
20 pela proporção de engrenagem. Entretanto, em configurações alternativas, um ou mais motores adicionais ou outros meios podem ser providos, de modo que duas velocidades possam ser ajustadas independentemente.

O tablado giratório também pode ser transladado
25 pela montagem do mesmo em uma plataforma apropriada que é movida lateralmente tanto na direção x quanto na direção y, e o tablado também pode ser transladado na direção do eixo z (direção vertical na figura), movendo o tablado giratório mais para perto ou mais

para longe da fonte de pulverização.

A Figura 8 ilustra um sistema de deposição de pulverização ultrassônica integrada. Ar comprimido, nitrogênio ou outro gás adequado é provido para o sistema de aplicação de pressão através de válvulas de controle de pressão. Uma destas válvulas controla a pressão do gás que é enviado para o tanque ultrassônico. Uma suspensão líquida de partículas sai do tanque ultrassônico pressurizado e é enviada para o conjunto de bico de pulverização ultrassônica. Como uma opção, uma segunda válvula é usada para controlar a pressão de gás que é alimentado para o conjunto de bico de pulverização ultrassônico para direcionar adicionalmente a pulverização ultrassônica para o substrato. O conjunto de bico de pulverização ultrassônica é montado na câmara de deposição, que é descrita separadamente aqui.

O mesmo arranjo é usado para deposição de pulverização ultrassônica com carga eletrostática. Neste caso, um eletrodo e fonte de voltagem ajustável são providos e o substrato é aterrado para prover deposição ultrassônica auxiliada por campo elétrico. Um gerador de alta voltagem comercial disponível para sistemas ESC pode ser usado; entretanto, nós descobrimos que alguma modificação é requerida para esta aplicação, isto é, modificação do gerador de voltagem de modo que ele possa ser aplicado a dispersantes que possuem constantes dielétricas amplamente diferentes.

Outras características opcionais que podem ser incluídas no sistema descrito aqui são:

- Pré-aquecimento do gás ou líquido transportador, quando desejado para aplicações específicas;

- Automação da alimentação de materiais, fluxos de gás e dispersão líquida, temperaturas, e rotação/translação do substrato, e medições automatizadas de taxas de alimentação e deposição, temperaturas e outras variáveis chave;

5

- Translação adicional (nas direções x, y e/ou z) do substrato ou bico ultrassônico (com ou sem carga eletrostática) ou de ambos, para permitir deposição em superfícies grandes; e

- Uso de bicos múltiplos para permitir o

10 revestimento de superfícies grandes ou de geometrias complexas.

REIVINDICAÇÕES

1. Um método para revestimento de um substrato com um material de deposição, caracterizado pelo fato de que compreende as etapas de:

5 (a) atomização do material de deposição por meio de um sinal ultrassônico;

(b) direcionamento do material de deposição no substrato; e

(c) aplicação de um tratamento *in situ* ou de pós-deposição ao substrato, onde o material de deposição é ligado ao substrato.

2. Método, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o material de deposição compreende pelo menos um dentre o conjunto de carbonetos, nitretos, carbonitretos, boretos, óxidos, sulfetos, e silicetos.

3. Método, de acordo com a reivindicação 2, caracterizado pelo fato de que o material de deposição compreende nitreto de boro.

4. Método, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que a referida etapa de aplicação de um tratamento pós-deposição compreende infiltração de vapor químico.

5. Método, de acordo com a reivindicação 4, caracterizado pelo fato de que a referida etapa de infiltração de vapor químico compreende a etapa de aplicação de nitreto de titânio ao substrato.

6. Método, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que a referida etapa de aplicação de um tratamento de pós-deposição compreende deposição de vapor químico.

7. Método, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que a referida etapa de aplicação de um tratamento de pós-deposição compreende sinterização.

5 8. Método, de acordo com a reivindicação 7, caracterizado pelo fato de que a referida etapa de sinterização compreende pelo menos um dentre sinterização de microondas, sinterização a laser, e sinterização de infravermelho.

9. Método, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que compreende ainda a etapa de
10 direcionamento de um material de agente ao substrato subsequentemente à etapa de aplicação de um tratamento *in situ* ou de pós-deposição.

10. Método, de acordo com a reivindicação 9, caracterizado pelo fato de que o material de agente compreende um
15 agente biológico ativo.

11. Método, de acordo com a reivindicação 10, caracterizado pelo fato de que o agente biológico ativo compreende um agente biocida ou um agente antibacteriano.

12. Método, de acordo com a reivindicação 9,
20 caracterizado pelo fato de que o material de agente compreende uma proteína óssea morfogênica.

13. Método, de acordo com a reivindicação 9, caracterizado pelo fato de que o material de agente compreende um agente que possui uma droga.

25 14. Método, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o referido direcionamento do material de deposição na etapa do substrato utiliza um bico, e adicionalmente compreendendo a etapa de direcionamento de um fluxo

de gás adjacente ao bico e na direção do substrato.

15. Método, de acordo com a reivindicação 14, caracterizado pelo fato de que compreende ainda a etapa de aquecimento do fluxo de gás.

5 16. Método, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que compreende ainda a etapa de dispersão do material de deposição em um líquido antes da referida etapa de atomização do material de deposição.

10 17. Método, de acordo com a reivindicação 16, caracterizado pelo fato de que o líquido compreende um álcool.

18. Método, de acordo com a reivindicação 17, caracterizado pelo fato de que o álcool compreende um dentre metanol e etanol.

15 19. Método, de acordo com a reivindicação 16, caracterizado pelo fato de que o líquido compreende um composto polar.

20. Método, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o material de deposição compreende partículas microdimensionadas.

20 21. Método, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o material de deposição compreende nanopartículas.

22. Método, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que compreende ainda a etapa de aplicação de carga eletrostática ao material de deposição.

23. Método, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que compreende ainda a etapa de manipulação do substrato durante a referida etapa de

direcionamento do material de deposição no substrato.

24. Método, de acordo com a reivindicação 23, caracterizado pelo fato de que a referida manipulação da etapa do substrato compreende a etapa de rotação do substrato em um
5 tablado.

25. Método, de acordo com a reivindicação 23, caracterizado pelo fato de que o substrato compreende uma geometria complexa.

26. Método, de acordo com a reivindicação 1,
10 caracterizado pelo fato de que compreende ainda a etapa de tratamento do material de deposição antes da referida etapa de atomização do material de deposição.

27. Método, de acordo com a reivindicação 26, caracterizado pelo fato de que o referido tratamento da etapa do
15 material de deposição compreende a etapa de revestimento do material de deposição com pelo menos um dentre um material funcional e um material protetor.

28. Método, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o material de deposição não é
20 condutivo.

29. Método, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que a referida etapa de aplicação de um tratamento de pós-deposição ao substrato compreende a etapa de aplicação de um tratamento de alta temperatura - alta pressão ao
25 substrato.

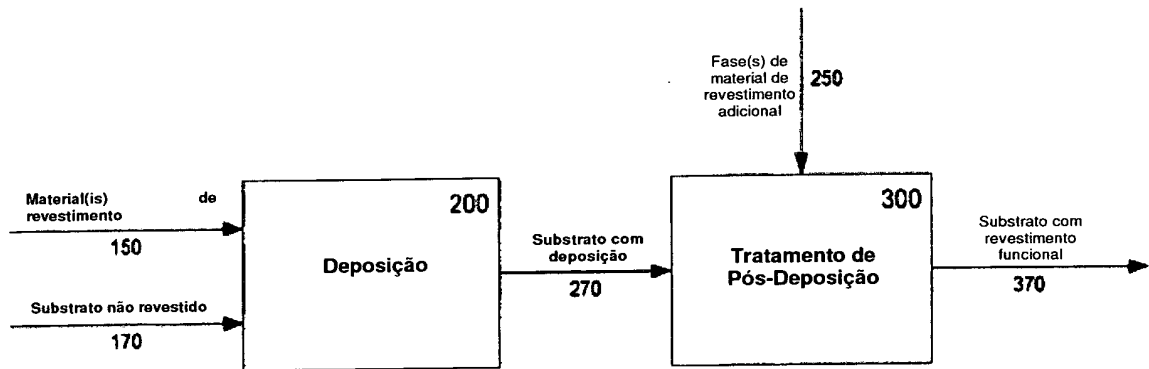


Fig. 1

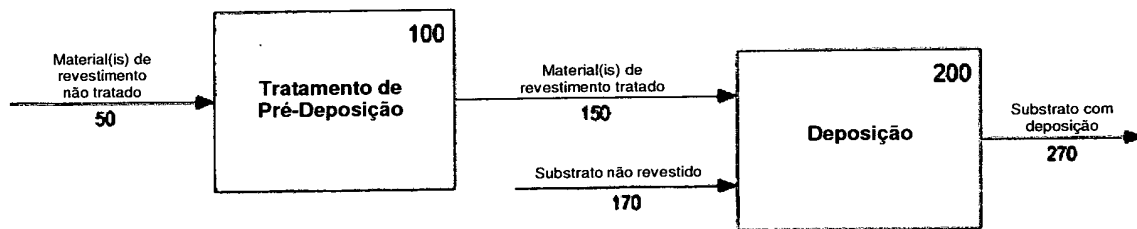


Fig. 2

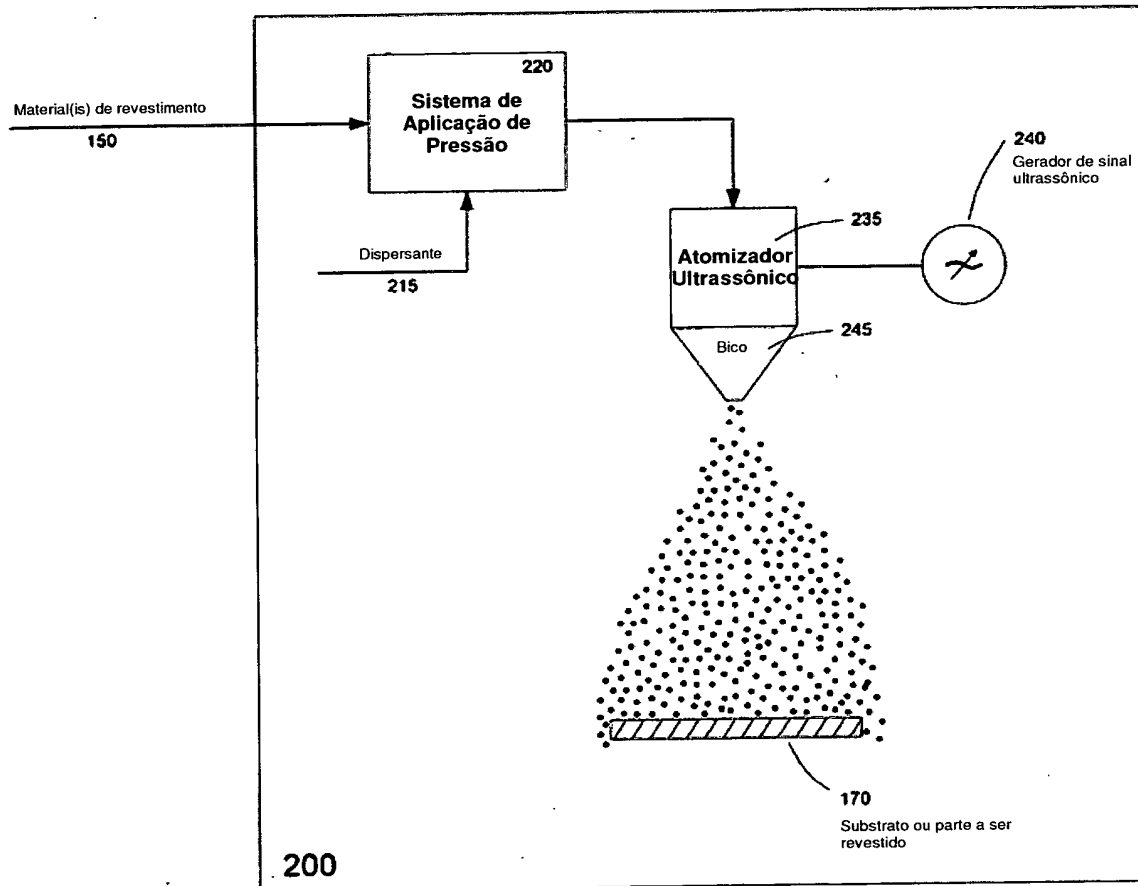


Fig. 3

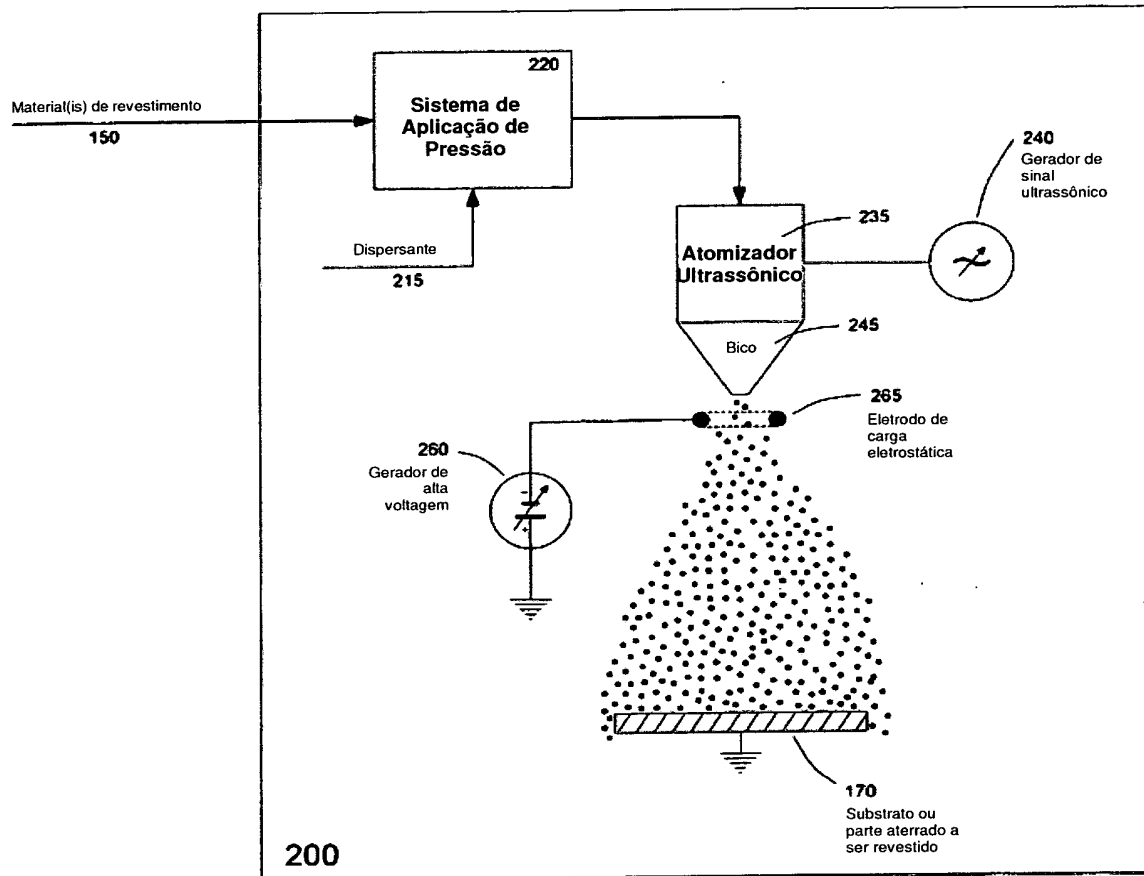


Fig. 4

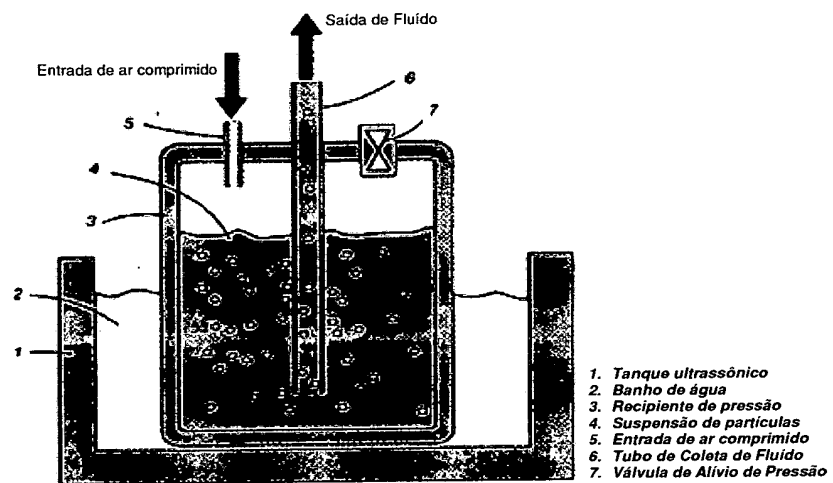


Fig. 5

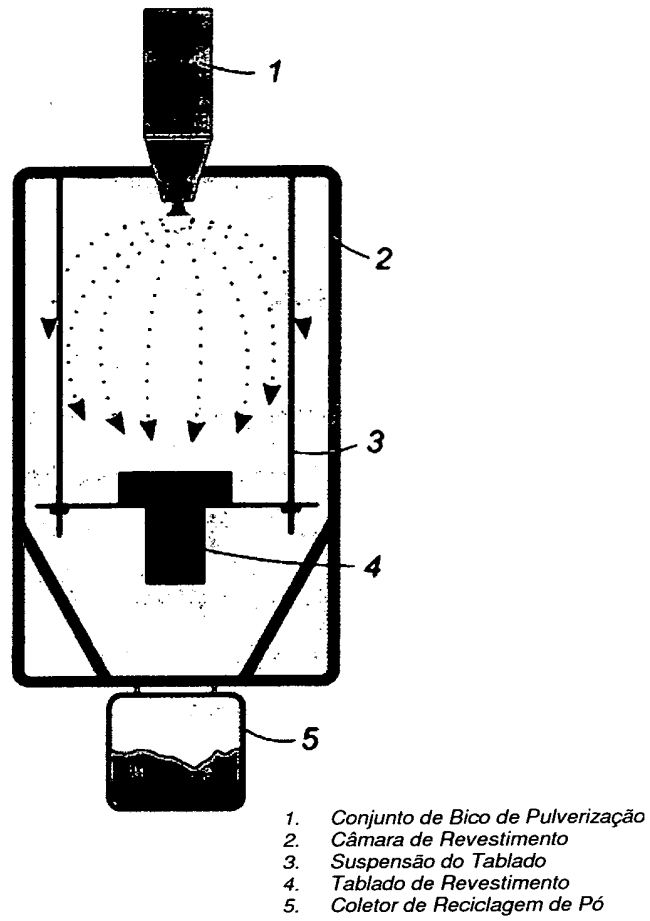
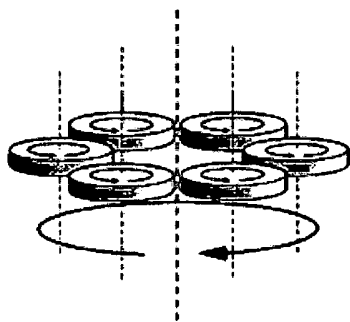
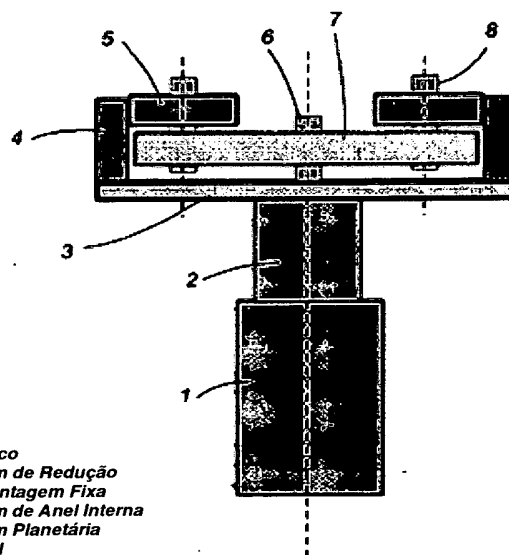


Fig. 6

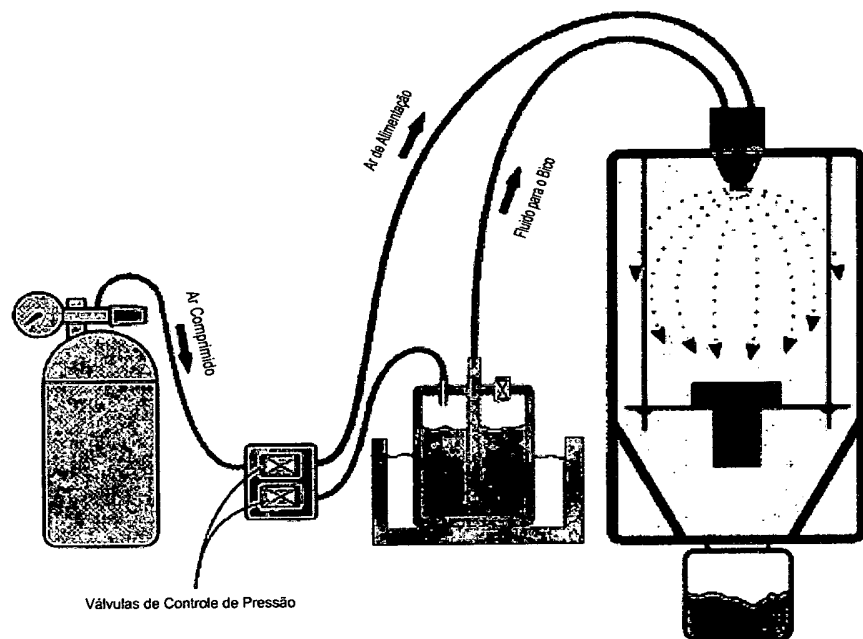


Tablados planetários giram ao redor do eixo central enquanto giram em seus próprios eixos. Objetos a serem revestidos são montados nos tablados planetários.



1. Motor Elétrico
2. Engrenagem de Redução
3. Base de Montagem Fixa
4. Engrenagem de Anel Interna
5. Engrenagem Planetária
6. Eixo Central
7. Placa Planetária
8. Eixo Planetário

Fig. 7

**Fig. 8**

RESUMO

"MÉTODOS E APARELHO PARA FAZER REVESTIMENTOS USANDO DEPOSIÇÃO DE PULVERIZAÇÃO ULTRASSÔNICA".

Deposição de pulverização ultrassônica (USD)

5 usada para depositar uma camada base no substrato, seguido por
infiltração de vapor químico (CVI) para introduzir uma fase de
aglutinador que cria um revestimento composto com boa aderência do
aglutinador às partículas da fase inicial e aderência do
revestimento composto ao substrato, é revelada. Nós usamos este

10 processo para criar revestimentos que consistem de nitreto de boro
cúbico (cBN), depositado usando USD, e nitreto de titânio (TiN)
aplicado usando CVI em várias configurações. Este processo pode
ser usado com muitos materiais não usáveis com outros processos,
incluindo nitretos, carbonetos, carbonitretos, boretos, óxidos,

15 sulfetos e silicetos. Adicionalmente, outros processos de
tratamento de aglutinação ou pós-deposição podem ser aplicados
como alternativas ao CVI, dependendo do substrato, dos materiais
de revestimento, e dos requisitos de aplicação do revestimento.
Revestimentos podem ser aplicados a uma variedade de substratos

20 incluindo aqueles com geometrias complexas. A aplicação também
descreve projetos de aparelhos ou equipamentos usados para
executar deposição de pulverização ultrassônica.